COMPARAÇÃO ENTRE UM MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO TRADICIONAL, COM BASE NA INTERPRETAÇÃO DE IMAGEM DE SATÉLITE E MAPEAMENTO ATRAVÉS DA ANÁLISE DE UM MODELO NUMÉRICO DE TERRENO (MNT)

Thiago Campos NOGUEIRA [1]
Silvio Carlos RODRIGUES [2]

RESUMO

O mapeamento geomorfológico tem ganhado cada vez mais importância nos trabalhos de planejamento ambiental e urbano. Qualquer intervenção no espaço requer um levantamento da organização, disposição e estruturação do relevo, para que os resultados desejados sejam alcançados com sucesso. As técnicas para elaboração de um mapeamento geomorfológico são diversas, porem o resultado deve ser sempre de um material de fácil interpretação e que represente de maneira clara e com fidelidade a área de estudo. Atualmente o que tem intrigado os pesquisadores da área é encontrar uma maneira de conciliar a cartografia geomorfológica com as tecnologias disponíveis, para facilitar a execução do trabalho e posteriormente o gerenciamento das intervenções no relevo da área analisada. A técnica que mais tem sido utilizada até hoje é a interpretação de fotos aéreas e imagens de satélite e radar, de onde, através da perícia do profissional, são retiradas as informações da morfometria e morfologia, associada à gênese, do relevo em análise. O grande desafio do presente trabalho é fazer uma interface do mapeamento geomorfológico com as tecnologias disponíveis nos SIGs (sistema de informações geográficas) em especial a modelagem numérica de terreno (MNT). Com isso objetiva-se comparar um mapeamento geomorfológico utilizando as técnicas tradicionais (interpretação de imagem de satélite) com um mapeamento através da análise de um MNT da mesma área. A área de estudo escolhida compreende a área de influência do empreendimento UHE Capim Branco I, abrangendo parte da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari (baixo curso do rio), localizado entre os municípios de Uberlândia e Araguari na região do Triangulo Mineiro, estado de Minas Gerais. A principal característica geomorfológica da área em análise é a formatação do vale do rio em canyon, possuindo um desnível topográfico de até 400 metros. Os procedimentos técnicos utilizados para confecção dos dois mapas para posterior comparação foram: 1º mapa - digitalização da base topográfica na escala de 1/100.000 interpretação visual da imagem de satélite e digitalização do mapa final; 2º mapa – importação da imagem do radar SRTM (Shurttle Radar Topographic Mission) para o software ArcView 3.2 e Spring 4.1, geração do MNT com grade regular, e análise dos resultados. O resultado da comparação entre os dois produtos gerados foi satisfatório, visto que não houve muitas divergências na compartimentação do relevo apresentada nos dois mapas.

INTRODUÇÃO

A fundamentação teórico-metodológica adotada para o desenvolvimento do mapeamento tem sua origem nos pressupostos teóricos de Walter Penck (1953, apud Ross 1992), que definiu as forças geradoras das formas de relevo.

[1] Universidade Federal de Uberlândia, nogueiratc@yahoo.com.br
[2] Universidade Federal de Uberlândia, Professor Doutor, silgel@ufu.br

Segundo Penck (1953, apud Ross 1992), as formas atuais do relevo da superfície da terra são resultados das forças antagônicas dos processos endógenos e exógenos, ou seja, da ação das forças procedentes do interior da crosta terrestre de um lado e das forças impulsionadas através da atmosfera pela ação climática, atual e do passado.

Os processos endógenos de formação do relevo revelam-se de dois modos distintos, podendo ser através do processo ativo, comandado pela dinâmica estrutural da crosta terrestre, trata-se dos abalos sísmicos, vulcanismos, dobramentos, os afundamentos e soerguimentos das plataformas, falhamentos e fraturas; ou de forma passiva, através da resistência litológica à ação dos processos exógenos. Estes são ligados à dinâmica externa, ou seja, às características climáticas que no presente e ao longo do passado geológico, através da ação química e mecânica da água, do vento, das variações térmicas, que simultaneamente exculpem o relevo.

Baseados neste princípio teórico dos processos endógenos e exógenos, Mecerjakov (1968) e Gerasimov (1980) desenvolvem os conceitos de morfoestrutura e morfoescultura, sendo que o primeiro sustenta o relevo por uma estrutura geológica e o segundo mostra um aspecto escultural que é decorrente da ação climática atual e pretérita.

Nessa linha teórica, tem-se a proposta taxonômica e de representação cartográfica do relevo de Ross (1992). Trata-se de uma proposta apropriada na representação dos fatos geomórficos de grandes dimensões e em escalas pequenas e médias, tal como o mapeamento em escala regional e local. Os níveis taxonômicos definidos por Ross (op. cit.) são os seguintes:

“1º táxon - Unidades Morfoestruturais - É o maior táxon correspondente às macroestruturas geológicas que definem e sustentam um determinado padrão de formas grandes do relevo”;

2º táxon - Unidades Morfoesculturais - Corresponde aos compartimentos e subcompartimentos do relevo pertencentes a uma determinada morfoestrutura gerados a partir de alterações climáticas. Obrigatoriamente são menores e mais jovens que as unidades morfoestruturais as quais pertencem;

3º táxon - Unidades Morfológicas ou de padrões de formas semelhantes (modelado) - São conjuntos menores de formas do relevo. Apresentam um padrão de semelhança entre si em função da rugosidade topográfica, bem como do formato de topos, vertentes e vales de cada padrão. Neste táxon os processos morfoclimáticos atuais são mais facilmente notados podendo-se identificar os agrupamentos de formas de agradação (relevo de acumulação) e formas de denudação (relevo de dissecação);

4º táxon - Tipos de formas de relevo ou conjuntos de formas semelhantes - Corresponde às tipologias de modelado. Formas aguçadas, convexas, tabulares, aplainadas em relevos de agradação e de denudação, planícies fluviais e flúvio-lacustres;

5º táxon - Tipos de vertentes - São as vertentes ou setores das vertentes, dimensões menores do relevo, quer sejam do tipo convexos, retilíneos, aguçados, planos, abruptos, etc.

6º táxon - Formas menores de relevo ou de Processos atuais - Último e menor táxon. São formas geradas por processos erosivos e acumulativos atuais como as voçorocas, ravinas, deslizamentos, assoreamentos, depósitos aluvionares de inundação, bem como cortes, aterros, desmontes de morros e outras formas produzidas pelo homem. Só podem ser representadas em trabalhos com escalas grandes.”

Segundo Ross (2001, p 51) os mapas geomorfológicos, ao contrário dos demais mapas temáticos, apresentam um grau de complexidade maior. Essa complexidade decorre da dificuldade de se apreender e representar uma realidade relativamente abstrata – as formas de relevo -, sua dinâmica e gênese.

O mapeamento gomorfológico, então, deve ser realizado de maneira criteriosa, embasado em metodologias comprovadamente eficientes. O resultado final deve ser um mapa que contemple sua finalidade porém, de fácil leitura e interpretação. Somente assim o produto final do mapeamento geomorfológico cumprirá sua finalidade.

Outra preocupação na realização de mapeamentos geomorfológicos é a questão da escala de análise. A escala escolhida para o mapeamento determinará o que, e como serão representadas as feições geomorfológicas.

A representação das feições do relevo é sempre realizada em projeção horizontal ou vertical, sobre uma folha de papel, que possui apenas duas dimenções. Entretanto, para representar a forma do relevo, que é tridimensional, utiliza-se as curvas de nível, que são linhas formadas por pontos (x,y) com uma mesma cota (z). Esta percepção tem sido ultimamente muito auxiliada pelo uso, em meio computacional, dos chamados Modelos Digitais de Terreno – MDT, uma vez que técnicas a eles aplicadas permitem uma visualização mais integrada do espaço tridimensional. (Kohler, 2002).

O grande desafio na atualidade é conciliar as técnicas de geoprocessamento ao mapeamento geomorfológico. A idéia é viabilizar uma forma de utilizar as ferramentas contidas nos SIGs para subsidiar o mapeamento geomorfológico.

O objetivo do presente trabalho é fazer uma comparação de um mapeamento geomorfollógico a partir de técnicas convencionais como, interpretação de cartas topográficas, imagens de satélite e fotos aéreas, com um realizado a partir da interpretação de um modelo numérico de terreno – MNT.

A área de estudo escolhida compreende a área de influência do empreendimento UHE Capim Branco I, abrangendo parte da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari (baixo curso do rio), localizado entre os municípios de Uberlândia e Araguari na região do Triangulo Mineiro, estado de Minas Gerais.

Segundo Nishiyama (1998), no seu baixo curso, o rio Araguari corta intercalações de arenito e basalto da formação Serra Geral, chegando, no fundo do vale a erodir gnaisses e granitos do Pré-Cambriano inferior. Sedimentos cenozóicos são encontrados nos planaltos tabulares e em relevos residuais, bem como recobrindo terraços estruturais. Nesta porção o rio tem seu vale bastante encaixado com desnível de até 400 metros.

O rio Araguari nasce na região da Serra da Canastra numa altitude aproximada de 1400 metros, e tem como característica principal seu alto potencial hidrelétrico, contendo duas importântes usinas (UHE de Nova Ponte e UHE de Miranda) e outras duas em construção (UHE Capim Branco I e II).

MÉTODOS e TÉCNICAS

Serão descristos a seguir os procedimentos técnicos utilizados na execução dos dois mapeamentos propostos.

O mapeamento utilizando de técnicas tradicionais foi realizado da seguinte maneira: primeiro digitalizou-se o mapa base utilizando uma mesa digitalizadora e o software AutoCad 2000. Em seguida, no meio digital, foi feita a interpretação visual da imagem do satélite Landsat ETM+, bandas (5,4,3). Com base na imagem foi dividido os grandes compartimentos de relevo presentes na área (Planalto Tabular, Planalto Dissecado e Canyon do Araguari). De acordo com a taxonomia proposta por Ross (1992), este mapeamento representa o 4º taxon. A partir da rede de drenagem e da topografia da área, e com base na metodologia proposta por Ross (1992), foram determinados os índices de dissecação do relevo (tabela 01). Este índice é determinado de acordo com a relação do grau de entalhamento dos vales com a dimenção interfluvial média dos canais de drenagem.

Por fim as linhas digitalizadas foram importadas para o sofware ArcView 3.2 onde foram dados os devidos tratamentos para apresentação final do layout.

Tabela 01. Matriz de dissecação do relevo.

Grau de Entalhamento dos Vales	**Dimensão Interfluvial média**				
	Muito Grande (1) > 3750m	Grande (2) 1750 a 3750m	Média (3) 750 a 1750m	Pequenas (4) 250 a 750m	Muito Pequenas (5) < 250m
Muito Franco (1) < 20 m	11	12	13	14	15
Fraco (2) 20 a 40 m	21	22	23	24	25
Média (3) 40 a 80 m	31	32	33	34	35
Forte (4) 80 a 160 m	41	42	43	44	45
Muito Forte (5) > 160 m	51	52	53	54	55

Para a construção do MNT foi utilizado uma imagem do radar da missão SRTM (Shurttle Radar Topographic Mission). SRTM foi o nome dado ao projeto de cooperação entre a NASA e a NIMA (National Imagery and Mapping Agency), do DOD (Departamento de Defesa) dos Estados Unidos e das agências espaciais da Alemanha e da Itália. A missão utilizou o radar (SIR-C/X-SAR) a bordo do ônibus espacial *Endeavour* .O arranjo do radar foi projetado para coletar medidas tridimensionais da superfície terrestre através de interferometria. A resolução espacial da imagem para o território da América do Sul é de 90m (Valeriano, 2004).

O mapeamento com base no MNT foi realizado da seguinte forma: O primeiro passo foi a aquisição da imagem de radar SRTM disponível na pagina http://seamless.usgs.gov . O arquivo baixado na página está no formato TIFF. O proximo passo foi importar para o software SPRING 4.1 o arquivo TIFF utilizando a “entidade” grade. Uma vez importado o arquivo, este já possui uma grade numérica regular vinculada. A partir desta grade númerica gerou-se uma imagem sombreada utilizando a função (MNT/geração de imagem) disponível na barra de ferramentas do SPRING. Para informação de saida da imagem determinou-se um azimute de 90º e exagero vertical de 5 vezes. Com base na imagem sombreada delimitou-se os compartimentos de relevo presentes na área. O indice de dissecação do relevo foi determinado da mesma forma do primeiro mapa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado do mapeamento atraves da imagem de satélite (figura 01), obteve-se uma compartimentação do relevo com grande fidelidade à realidade. A porção nordeste da área mapeada apresentou um relevo do tipo Denudacional Tabular (Dt) com medianas dimensões interfluviais e etalhamento de vales. Na porção central do mapa com orientação Leste - Oeste, foi mapeado um relevo do tipo Denudacional Convexo (Dc), com forte grau de entalhamento dos vales e medianas dimensões interfluviais. Por fim, a grande porção do mapa representada pela cor amarela, foi classificada como relevo do tipo Denudacional Tabular com fraco entalhamento dos vales e de pequenas a muito pequenas dimensões interfluviais.

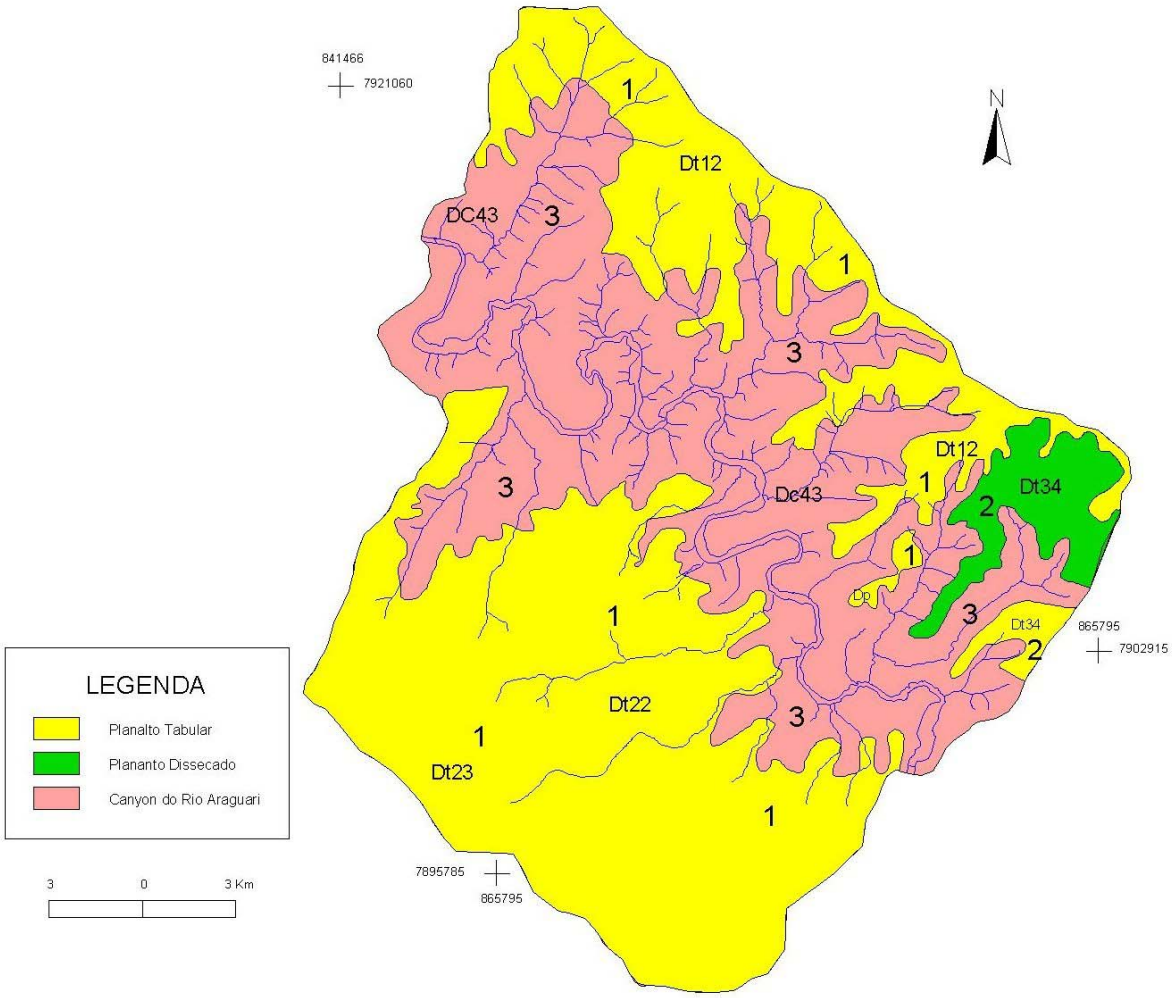

Figura 01. Mapeamento realizado a partir de imagem de satélite

O mapeamento realizado a partir da interpretação do MNT gerado com base na imagem SRTM apresentou algumas limitações (figura 02). Uma delas está relacionada a resolução espacial de 90m, cuja escala maxima de trabalho é 1/100.000. A imagem LANDSAT tem resolução espacial de 30m, com escala maxima de trabalho de 1/25.000. Desta forma, o detalhamento do mapeamento obtido com a imagem LANDSAT foi bem maior.

No MNT, em virtude da resolução espacial, existiu uma dificuldade de diferenciar as superfícies com níveis de dissecação que variam de 11 à 35 dentro da matriz proposta por Ross (2001); isto ficou comprovado pela inobservância do Planalto Dissecado no mapa 02. O que ocorreu foi uma generalização das informações do MNT quando mapeado as superfícies com pequeno ou médio grau de dissecação.

Segundo Texeira, et. al. (1992) os MNTs podem ser usados com vários objetivos, entre eles, extração de mapas de padrões de relevo (vales, divisores, formas de vertente, etc). Porem, Valeriano (2004) coloca que MNTs gerados a partir de imagens SRTM devem passar por uma série de análises geoestatísticas, como a Krigeagem, para serem usados com estes fins.

Ainda de acordo com Valeriano (2004), não se recomenda a utilização direta dos dados SRTM originalmente disponibilizados para a America do Sul devido ã sua resolução espacial e a características indesejáveis para as seguientes aplicações:

- Processamentos digitais derivativos para mapeamentos de variáveis morfométricas (declividade, orientação, drenagem, divisores, curvaturas, etc.) em qualquer escala.

- Interpretação visual em escalas de 1/250.000 a menores em terrenos com alta freqüência de feições (interflúvios de 100m a 400m, por exemplo) e pequenas amplitudes (10m a 30m); em terrenos de relevo mais pronunciado, pode-se avançar a interpretação de algumas feições que permanecem visíveis a escalas maiores, até 1/100.000.

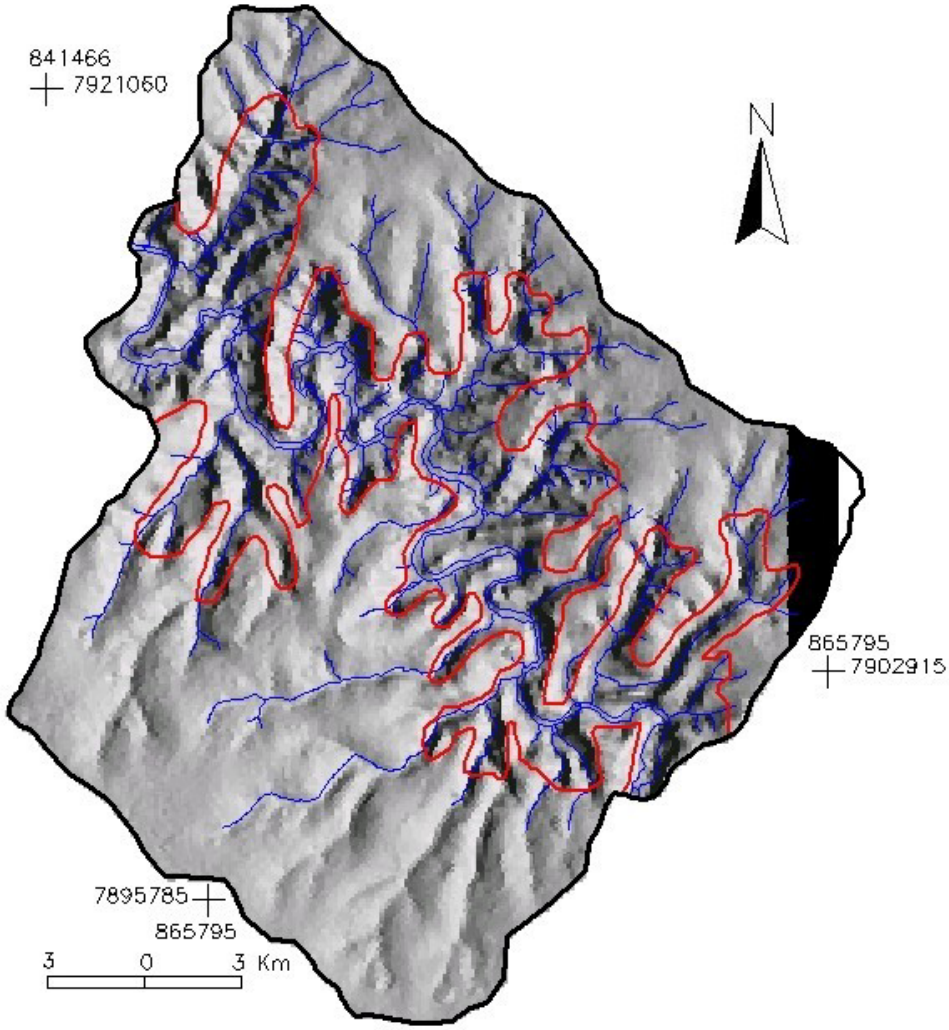

Figura 02. Mapeamento realizado a partir no MNT

REFERÊNCIAS

FERREIRA. I. L. **Cartografia Geomorfológica sob diferentes aspectos metodológicos: uma abordagem comparativa da simbologia cartográfica**. 2003. (Monografia). IG-UFU.

GERASSIMOV, I.P., MECERJAKOV, J.A. Morphoestructure. **FAIRBRIDGE, R.W.** (ed). The Encyclopedia of Geomorphology, Reinhold Book, NY,1968.

KOHLER, H. C. **A Escala na Análise Geomorfológica.** Revista Brasileira de Geomorfologia. Uberlândia: UFU – IG, 2002, p. 21-31

MECERJAKOV, J.P**. Les concepts de morphostruture et morphoesculture: um nouvel instrument del'analyse geomorphologique.** Annales de Geographie. Paris, n.423, p.539-552, set.out, 1968.

NISHIYAMA, L. Geologia do município de Uberlândia (MG) e áreas adjacentes, **Sociedade & Natureza***,* Uberlândia, EDUFU, 1(1). P. 09-16, 1989.

RODRIGUES, S. C. Análise da fragilidade do relevo. Abordagem empírico experimental. **Revista Sociedade & Natureza.** Uberlândia, 12 (23): 167-189, janeiro/junho2000.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo: Edusp. n.6, 17-30p. 1992.

_____. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Editora Contexto, 2001.85 p.

VALERIANO, M. M. **Modelo Digital de Elevação com Dados SRTM Disponéveis Para a América do Sul.** São José dos Campos. INPE, 2004. 72 p.